

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Perencanaan struktur gedung utama DPRD Kota Gresik di butuhkan studi literasi untuk menyambungkan dari segi sini fungsional dengan sistem sturktur yang di gunakan, untuk memperoleh dasar teori dan hal hal yang dibutuhkan. Salah satu contoh pentingnya pendekatan mendasar pada segi stuktural yang di *compare* dengan segi arsitektural perencanaan sebuah gedung bertingkat yang mengharuskan pada situasi tertentu membtuhakn ruang bebas kolom dengan bentang yang besar sehingga dapat memberikan dampak beban yang besar terhadap sebuah elemen

2.2. Sistem Struktur

Pada saat ini banyak gedung yang dilengkapi dengan lebih satu jenis sistem tahan gempa. Biasanya struktur dirancang sedemikian rupa sehingga beban lateral dipikul oleh rangka ataupun dinding geser. Sistem gabungan ini dapat dikatakan sebagai sistem ganda. Sistem ganda mengkombinasikan keuntungan dari komponen – komponen dari stuktur tersebut. Rangka yang dipadukan dapat mengurangi gaya jika diperlukan terutama pada lantai teratas gedung dan menghasilkan simpangan yang baik selama gempa terjadi.

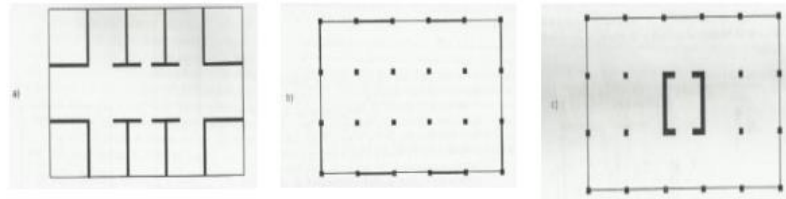
2.2.1. Dinding Geser

Dinding Geser merupakan suatu struktur dinding struktural beton bertulang yang di pasang pada posisi vertikal pada sisi gedung tertentu yang berfungsi sebagai menyerap atau menahan gaya geser yang terjadi dan menambang kekauan stuktur.

Fungsi dinding geser itu sendiri dalam suatu struktur bertingkat juga penting untuk menompang lantai pada struktur dan memastikan tidak runtuh akibat beban lateral yang terjadi

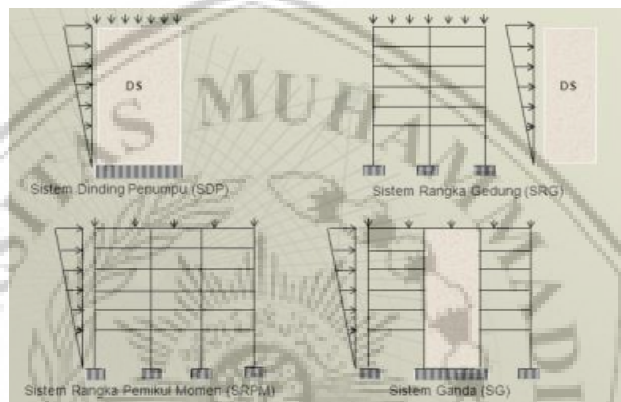
Berdasarkan letak dan fungsinya, *shearwall* dibagi menjadi 3 jenis yaitu :

- a. *Bearing walls*
- b. *Frame walls*
- c. *Core walls*



Gambar 2.1. Tata letak dinding geser

2.2.2. Sistem Rangka Gedung



Gambar 2.2. Sistem Struktur Bangunan

Dasar sistem utama yang menahan gaya lateral sesuai SNI 1726 adalah :

2.2.2.1. Sistem Dinding Penumpu

Dinding penumpu sering juga disebut sebagai dinding geser. Dinding geser membentang pada keseluruhan jarak vertikal antar lantai. Jika dinding ditempatkan secara hati-hati dan simetris dalam perencanaannya, dinding geser sangat efisien dalam menahan beban vertikal maupun lateral dan tidak mengganggu persyaratan arsitektural. Dinding geser ini memikul hampir seluruh beban lateral, beban gravitasi juga ditahan dinding ini sebagai dinding struktural.

2.2.2.2. Sistem Rangka Gedung

Pada sistem ini terdapat rangka ruang lengkap yang memikul beban-beban gravitasi, sedangkan beban lateral dipikul oleh dinding struktural. Walaupun dinding struktural direncanakan memikul seluruh beban gempa, rangka balok kolom harus diperhitungkan terhadap efek simpangan lateral

dinding struktural oleh beban gempa rencana, mengingat rangka tersebut di tiap lantai masih menyatu dengan dinding struktur melalui lantai-lantai.

Efek ini dinamakan syarat kompatibilitas deformasi . Dalam SNI 2847 pasal 23.9 menetapkan bahwa komponen struktur yang semula bukan merupakan struktur pemikul beban lateral harus sanggup tetap memikul beban gravitasi bila terkena deformasi lateral yang disebabkan oleh beban gempa rencana. Dalam pasal 23.9 telah ditentukan bahwa detail gempa khusus diperlukan untuk komponen-komponen non struktur pemikul beban lateral.

Sistem rangka gedung adalah sistem struktur yang berupa portal yang menahan beban gravitasi yang terjadi sedangkan beban lateral berupa dinding geser atau rangka. Portal harus direncanakan secara terpisah mampu memikul paling banyak 25% dari seluruh beban lateral. Kedua sistem ini harus direncanakan untuk memikul seluruh beban lateral dengan memperhatikan siteraksi sistem struktur.

2.2.2.3. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Rangka pemikul Momen terdiri dari komponen horisontal berupa balok dan komponen vertikal berupa kolom yang dihubungkan secara kaku. Kekakuan portal tergantung pada dimensi balok dan kolom, serta proposional terhadap jarak lantai ke lantai dan jarak kolom ke kolom. Menurut tabel 3 SNI 1726 tercantum 3 jenis Sistem rangka Pemikul Momen yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa; Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah; Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

2.2.2.4. Sistem Ganda (*Dual Sistem*)

Tipe sistem struktur ini memiliki 3 ciri dasar, yaitu :

Pertama, rangka ruang lengkap berupa Sistem Rangka Pemikul Momen yang penting berfungsi memikul beban gravitasi.

Kedua, pemikul beban lateral dilakukan oleh Dinding Struktural dan Sistem Rangka Pemikul Momen dimana yang tersebut terakhir ini harus secara tersendiri sanggup memikul sedikitnya 25 % dari beban dasar geser nominal.

Ketiga, Dinding Struktural dan Sistem Rangka Pemikul Momen direncanakan untuk menahan beban dasar geser nominal (V) secara proposional berdasarkan kekakuan relatifnya. Sistem Ganda dapat memberikan hasil yang baik untuk memperoleh daktilitas dan kekakuan sistem struktur.

2.3. Pembebanan Struktur

Perencanaan pembebanan ini digunakan beberapa acuan standar sebagai berikut:

- Standar Nasional Indonesia *Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung* (SNI 1726-2012);
- Standar Nasional Indonesia *Pedoman Perencanaan Pembebanan Minimum pada Gedung* (SNI 1727-2013)
- Standar Nasional Indonesia *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung* (SNI 2847 -2013)
- Standar Nasional Indonesia *Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung* (SNI 7883-2012)

2.3.1. Beban Mati (DL)

Beban mati yang diperhitungkan dalam struktur gedung bertingkat ini merupakan berat sendiri elemen struktur bangunan yang memiliki fungsi structural menahan beban. Beban dari berat sendiri elemen-elemen tersebut diantaranya sebagai berikut :

Tabel 2.1. Beban Mati

- Beton	= 2400 kg/m ³
- Tegel (24 kg/m ²) + Spesi (21 kg/m ²)	= 45 kg/m ³
- Plumbing	= 10 kg/m ³
- Plafond + Penggantung	= 18 kg/m ³
- Dinding ½ bata	= 250 kg/m ³

2.3.2. Beban Hidup (LL)

Beban hidup adalah beban hidup yang terjadi pada saat servis. Beban hidup selama masa konstruksi tidak diperhitungkan karena diperkirakan beban hidup masa layan lebih besar daripada beban hidup pada masa konstruksi.

2.3.3. Beban Gempa (E)

Beban gempa adalah semua beban statis ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

Berdasarkan *SNI 03-1726-2012* menyatakan untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama harus di anggap efektif 100% dan harus di anggap terjadi bersamaan dengan pengaruh gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama tadi tetapi efektifitasnya hanya 30%. Gaya gempa terletak di pusat massa lantai-lantai tingkat.

2.3.3.1. Kategori Resiko Gempa dan Faktor Keutamaan Gempa

Tabel 2.2 Kategori Resiko Gempa

<i>Jenis Pemanfaatan</i>	<i>Kategori resiko</i>
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, anantara lain : - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	<i>I</i>
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik	<i>II</i>
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat	<i>III</i>

<ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas penitipan anak - Penjara III - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang diisyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi keadaan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi, dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV</p>	IV
(Sumber : SNI 1726 – 2012)	

Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, Ie
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

2.3.3.3. Menghitung Bobot Bangunan

- Dalam daerah yang digunakan untuk penyimpanan : minimum sebesar 25% beban hidup lantai (beban hidup lantai di garasi public dan struktur parkir terbuka, serta beban penyimpanan yang tidak melebihi 5% dari berat seismic efektif pada suatu lantai.
- Jika ketentuan untuk partisi disyaratkan dalam desain beban lantai : diambil sebagai yang terbesar di antara berat partisi actual atau berat daerah lantai minimum sebesar $0,48 \text{ kN/m}^2$.
- Berat operasional total dari peralatan yang permanen .
- Berat lansekap dan beban lainnya pad ataman atap atau luasan sejenis lainnya.

Klasifikasi situs dapat ditetapkan dengan tiga parameter, yaitu :

- Kecepatan rata-rata gelombang geser.

- Tahanan penetrasi standart lapangan rata-rata, atau tahanan penetrasi standar rata-rata untuk lapisan tanah non kohesif.
- Kuat geser nilai rata-rata

SNI 1726:2012 pasal 5.3 dan 5.4. Dari parameter-parameter ini dapat diketahui klasifikasi situs

Tabel 2.4 Klasifikasi Situs

Kelas, Situs	Vs (m/detik)	N atau Nch	su (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	>100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil yang mengandung lebih dari 3m dengan karakteristik berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$ 3. Kuat geser nralir $su < 25 \text{ kPa}$		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifikasi dan asnalisis respons spesidik-situs yang mengikuti	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karektristik berikut : - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/ gambut (ketebalan $H > 3$) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5\text{m}$ dengan indeks plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35\text{m}$ dengan $su < 50 \text{ kPa}$		

2.3.3.5. Parameter Percepatan Gempa (S_{M1} dan S_{MS})

Untuk menentukan respons spectral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu factor amplifikasi seismic pada perioda

0,2 detik dan periode 1 detik. Factor amplifikasi meliputi factor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan factor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). parameter spectrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{MI}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini :

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$S_{MI} = F_v \times S_I$$

Keterangan :

S_s = parameter respons spectral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek

S_I = parameter respons spectral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 0,1 detik

Dan koefisien situs F_a dan F_v ditentukan menurut table di bawah ini:

Tabel 2.5 Koefisien situs, F_v

<i>Kelas Situs</i>	Parameter respons spectral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik, SS				
	$SS \leq 0,25$	$SS = 0,5$	$SS = 0,75$	$SS = 1,0$	$SS \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^b				

Tabel 2.6 Koefisien situs, F_a

<i>Kelas Situs</i>	Parameter respons spectral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik, SS				
	$SS \leq 0,25$	$SS = 0,5$	$SS = 0,75$	$SS = 1,0$	$SS \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

Catatan:

- Untuk nilai-nilai anatar S_s dapat dilakukan interpolasi linear
- SS = situs yang memerlukan investigasi spesifik dan analisis respons situs-spesifik

2.3.3.6. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spectral desain untuk perioda pendek S_{DS} dan pada perioda 1 detik S_{D1} , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

2.3.3.7. Desain Respon Spektra

Bila spectrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesidik-situs tidak digunakan, maka kurva spectrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu **gambar 2.1** dan mengikuti ketentuan di bawah ini:

1. Untuk perioda yang lebih kecil dan T_0 spektrum respons percepatan desain, S_a harus diambil dari persamaan;

$$S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0})$$

2. Untuk perioda leih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spectrum respons percepatan desain, $S_a = S_{DS}$
3. Untuk perioda lebih besar dari T_s , spectrum respons percepatan desain S_a diambil berdasrkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Keterangan:

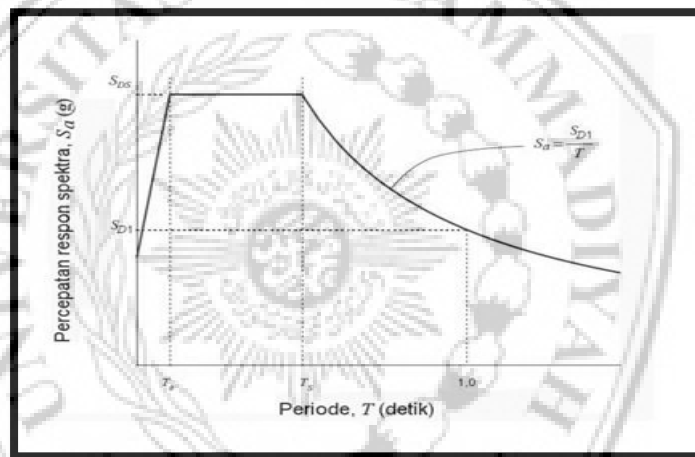
S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek

S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 0,1 detik

T = perioda getar fundamental struktur

$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$



Gambar 2.4 Spektrum Respons Desain

2.3.3.8. Kategori Desain Seismik

Perencanaan penentuan Kategori Desain seismik diperlukan sebagai dasar dalam penentuan jenis sistem struktur yang akan digunakan pada struktur bangunan yang akan didesain, kategori desain seismic ini bergantung pada nilai Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek (S_{DS}) dan parameter percepatan spektral desain perioda 1 detik (S_{D1}), dengan berdasarkan tabel dibawah ini:

Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Percepatan pada Perioda Pendek

Nilai SDS	Kategori resiko	
	I atau II atau III	IV

$SDS < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SDS < 0,33$	B	C
$0,33 \leq SDS < 0,50$	C	D
$0,50 \leq SDS$	D	D

Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Percepatan pada Periode 0,1 Detik

Nilai SDS	Kategori resiko	
	I atau II atau III	IV
$SD1 < 0,167$	A	A
$0,067 \leq SD1 < 0,133$	B	C
$0,133 \leq SD1 < 0,20$	C	D
$0,20 \leq SD1$	D	D

2.3.3.9. Periode Fundamental Pendekatan

Periode fundamental pendekatan (T_a) dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Keterangan :

H_n adalah ketinggian struktur, dalam (m), diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan oleh **tabel 2.10**

Tabel 2.9 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode Yang Dihitung

Parameter percepatan respons spectral desain pada 1 detik, SD1	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Tabel 2.10 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 100% gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan		

akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa		
Rangka baja pemikul momen	0,0724a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466a	0,8
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,07731a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,07488a	0,75

Sebagai alternative, diijinkan untuk menentukan perioda fundamental pendekatan (T_a) dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat dimana sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau aja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3m:

$$T_a = 0,1N$$

Keterangan :

N = Jumlah Tingkat

2.3.3.10. Faktor Koefisien Modifikasi Respons, Kuat Lebih Sistem, Pembesaran Defleksi

Nilai-nilai dari koefisien modifikasi respon (R), kuat lebih sistem (Ω_0), pembesaran defleksi (C_d) dan dapat ditentukan setelah mengetahui kategori desain seismic. Karena pada perencanaan ulang ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), maka nilai-nilai koefisiennya adalah sebagai berikut:

Tabel 2.11 Faktor (R), (Ω_0), (C_d) Untuk Penahan Gempa

D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB

2.3.3.11. Koefisien Respons Seismik (C_s) dan Gaya Dasar Seismik (V)

1. Koefisien Respons Seismik (C_s)

Untuk menentukan nilai (C_s) ditentukan dengan persamaan berikut ini:

- $C_s = \frac{SD_s}{R/I_e}$
- $C_s \max = \frac{SD1}{T(\frac{R}{I_e})} \quad C_s \min < C_s < C_s \max$
- $C_s \min = 0,044.SDs.I_e \geq 0,01$

Keterangan :

SD_s = Parameter percepatan spectrum dalam rentang periode 0,2 detik

$SD1$ = Parameter percepatan spectrum dalam rentang periode 1,0 detik

R = Faktor modifikasi respons

I_e = Faktor keutamaan gempa

T = Periode fundamental pendekatan

2. Gaya Dasar Seismik (V)

Setelah nilai C_s didapatkan, maka gaya dasar seismic dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$V = C_s \times W$$

Keterangan :

C_s = Koefisien respons seismic

W = Berat bobot bangunan (kN)

3. Distribusi Vertikal Gaya Gempa (F_x)

Gaya gempa lateral (F_x) (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_x = C_{vx} \cdot V$$

Dimana;

$$C_{vx} = \frac{w_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i^k}$$

Keterangan :v

C_{vx} = Faktor distribusi vertikal

V = Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN) W_i dan W_x = bagian dari berat seismic efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x

K = Eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut

- $k = 1$, untuk struktur yang mempunyai perioda 0,5 detik atau kurang
- $k = 2$, untuk struktur yang mempunyai perioda 2,5 detik atau lebih
- k harus sebesar 2 atau harus diinterpolasi linear 1 dan 2

2.3.4 Beban Kombinasi

Struktur, komponen, dan pondasi harus di rancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainya sama atau melebihi efek dari bahan terfaktor dalam kondisi berikut :

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5 (L \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6L + 0,5 (L \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0E + L + 0,5S$
6. $0,9D + 1,0W$
7. $0,9D + 1,0E$

2.4.Prinsip Dasar Struktur Pracetak

2.4.1 Pelat

Pelat merupakan struktur yang direncanakan dari beton bertulangan maupun pracetak. Pada saat *erection* pelat beton pracetak atau sebelum komposit, beban yang bekerja adalah berat sendiri, sedangkan beban total yang diterima oleh pelat terjadi pada saat pelat sudah komposit.

2.4.1.2. Plat HCS (*Hollow Core Slab*)

Pelat ini merupakan pelat pracetak dimana ukuran tebal lebih besar dibanding dengan pelat pracetak tanpa lubang. Biasanya pelat tipe ini menggunakan kabel *pretensioned*. Kelebihan dari pelat *hollow core slab* adalah untuk berat sendiri lebih ringan dengan adanya lubang pada jarak tertentu, tingkat *durable* atau kekuatan yang tinggi. Pelat *hollow core slab* memiliki lebar yang diproduksi sebesar 1,00 – 2,00 m dengan tebal 120 mm – 200 mm



HCS adalah pelat beton berongga yang mana pelat ini biasa di fungsikan sebagai pelat lantai. Keberadaan rongga pada pelat tersebut sangat berguna jika diaplikasikan pada bangunan tinggi karena dapat mengurangi bobot lantai.

Beberapa keuntungan dari pelat Hollow Core :

- a) Menggunakan sistem prategang, sehingga gaya-gaya bisa lebih terkontrol
- b) *Precompression Effect*, sehingga lebih tahan suhu tinggi dibandingkan beton konvensional.

- c) Lubang di tengah HCS membuat berat sendirinya lebih ringan 28-49% jika dibandingkan lantai konvensional, membuat struktur bangunan dan dimensi pondasi lebih kecil.
- d) Dapat mereduksi dimensi balok dan kolom bahkan mengurangi balok dan kolom bila dibandingkan dengan sistem konvensional sehingga menghasilkan ruangan yang lebih luas.
- e) HCS dapat langsung dipasang keramik. Permukaan bawah expose sehingga dapat langsung dijadikan plafond. Pekerjaan pembuatan bekisting dapat dihilangkan. Pemasangan tidak membutuhkan scaffolding/perancah sehingga lantai bawah dapat digunakan sebagai lantai kerja

Perencanaan pelat *hollow core slab* / perencanaan struktur prategang pada umumnya, berdasarkan peraturan SNI 2847-2013 maupun ACI 318-14 harus dikontrol terhadap tegangan transfer, pengangkatan, maupun pada saat layan serta kontrol terhadap lendutnya

Kehilangan Gaya Prategang

Perhitungan kehilangan prategang dianggap terjadi pada:

a) Perpendekan Elastis Beton

$$ES = K_{es} \frac{E_s}{E_c} \left\{ K_{cir} \left(\frac{P_i}{A} + \frac{P_i e^2}{I} \right) - \frac{M_{ge}}{I} \right\}$$

$K_{cir} = 0,9$ untuk komponen pratarik

$K_{es} = 1,0$ untuk komponen pratarik

b) Rangkak pada beton

$$CR = K_{cr} \frac{E_s}{E_c} \left\{ \left(K_{cir} \left[\frac{P_i}{A} + \frac{P_i e^2}{I} \right] - \frac{M_{ge}}{I} \right) - \frac{M_{sde}}{I} \right\}$$

$K_{cr} = 2,0$ untuk beton normal komponen pratarik \

$K_{cr} = 1,6$ untuk beton ringan komponen pratarik

E_s = Modulus elastisitas tendon prategang

E_c = Modulus elastisitas beton umur 28 hari, yang bersesuaian dengan f'_c (SNI 2847-13 mensyaratkan $= 4700'$)

c) Susut pada beton

d) Relaksasi baja

$$RE = [K_{re} - J(SH + CR + ES)]C$$

Kontrol Tegangan

Berdasarkan SNI 2847-2013, tegangan izin beton untuk struktur lentur dijelaskan sebagai berikut:

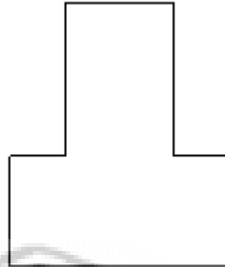
- a) Tegangan beton sesaat sesudah penyaluran gaya prategang (sebelum terjadinya kehilangan tegangan sebagai fungsi waktu) tidak boleh melampaui nilai berikut:
 - 1) Tegangan serat terjauh dalam kondisi tekan kecuali seperti yang diizinkan dalam (b) tidak boleh melebihi..... s..... $0,6 f'_{ci}$
 - 2) Tegangan serat terjauh dalam kondisi tekan pada ujung-ujung komponen tumpuan sederhana tidak boleh melebihi..... $0,7 f'_{ci}$
 - 3) Bila kekuatan tarik beton yang dihitung, f_t , melebihi $0,5$ pada ujung ujung komponen struktur terdukung sederhana, atau $0,25$ pada lokasi lainnya, tulangan dengan lekatan tambahan harus disediakan dalam daerah tarik untuk menahan gaya tarik total dalam beton yang dihitung dengan asumsi penampang tak retak
- b) Tegangan beton pada kondisi beban layan tidak boleh melampaui nilai berikut:
 - 1) Tegangan serat terjauh dalam kondisi tekan akibat prategang ditambah beban tetap..... $0.45f'_c$
 - 2) Tegangan serat terjauh dalam kondisi tekan akibat prategang ditambah beban total $0.6f'_c$
 - 3) Tegangan serat terjauh dalam kondisi tekan akibat prategang ditambah beban total $0,5$

2.4.2. Balok Pracetak

Balok merupakan suatu komponen struktur yang berfungsi sebagai element yang menahan pelat lantai serta beban yang bekerja padanya. Seperti halnya kolom, denah balok harus di rencanakan sedemikian rupa agar memenuhi

persyaratan kekuatan & kestabilan struktur serta juga tidak mengganggu tampilan secara arsitektural.

2.4.2.1. Balok T terbalik (*Inverted Tee Beam*)



Gambar 2.5 Balok Berpenampang T

Balok T-Beam Terbalik (*Inverted Tee Beam*) adalah elemen beton pracetak yang memiliki penampang pada sayapnya. Balok pracetak ini diproduksi melalui fabrikasi dengan design yang telah ditentukan. Dengan itu, kemudahan dalam metode pelaksanaan dalam pemasangan balok ini lebih tertata dengan keuntungan menggunakan beton pracetak itu sendiri. Untuk analisa penampang Balok T terbalik ini sendiri sama dengan analisa pada balok persegi dengan sesuai ketentuan pada **SNI 2847-2013** menjelaskan bahwa rasio tulangan yang dipakai adalah sebagai berikut :

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$\rho_b = \frac{\beta_1 (f_c')}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

Untuk pengecekan tulangan tarik sudah luluh atau belum, maka ditetapkan beberapa ketentuan. Tulangan mencapai luluh apabila $\epsilon_s > \epsilon_y$. Sedangkan untuk kekuatan balok itu sendiri dengan metode beban ultimit maka ditetapkan, $\phi M_n \geq M_u$

$$M_n = A_s \cdot F_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

Untuk desain maka perlu pendetailan khusus dengan menambahkan panjang penyaluran pada balok. SNI 2847-2013 Ps. 12.5.2 menjelaskan bahwa untuk panjang penyaluran (ℓ_{dh}) dengan tulangan ulir kait 90°

2.4.3. Kolom

Kolom merupakan stuktur tekan yang menumpu beban diatasnya dan merupakan sala satu stuktur utama pada satu konstruksi, sehingga pada saat keruntuhan kolom merupakan titik plastis kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya suatu bangunan sebagian maupun total stuktur (Sudarmoko, 1996).

Kolom dibagi menjadi 3 jenis yakni :

- a. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral.
- b. Kolom menggunakan pengikat spiral
- c. Struktur kolom komposit, merupakan komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang. (*Istimawan Dipohusodo, 1994*)

Berdasarkan SNI (2847-2013) penetapan kriteria kelangsingan kolom adalah sebagai berikut:

- a) Untuk komponen struktur tekan yang tidak dibreising terhadap goyangan menyamping

$$\frac{k.lu}{r} \leq 22$$

- b) Untuk komponen struktur tekan yang dibreising terhadap goyangan menyamping

$$\frac{k.lu}{r} \leq 34 - 12 \left[\frac{M1}{M2} \right] \leq 40$$

Dimana :

K = Factor panjang efektif kolom

Lu = panjang kolom yang ditopang

r = jari-jari potongan lintang kolom

Dimana M1/M2 adalah positif jika kolom dibengkokkan dalam kurvatur tunggal, dan negatif jika komponen struktur dibengkokkan dalam kurvatur ganda.

2.5. Perencanaan Sambungan

Penyatuan komponen struktur beton pracetak menjadi sebuah struktur yang monolit merupakan salah satu hal yang penting dalam sebuah perencanaan beton pracetak. Dengan ini, analisa sambungan pracetak dengan beton konvensional harus diperhatikan dengan seksama dan diperlukan pengawasan yang intens. Dalam perencanaan sistem sambungan pracetak dibagi menjadi 3 tipe, antara lain

- a. Sambungan Cor ditempat
- b. Sambungan Las
- c. Sambungan Baut

Masing-masing dari jenis sambungan tersebut memiliki karakteristik serta kekurangan dan kelebihan sendiri sendiri.

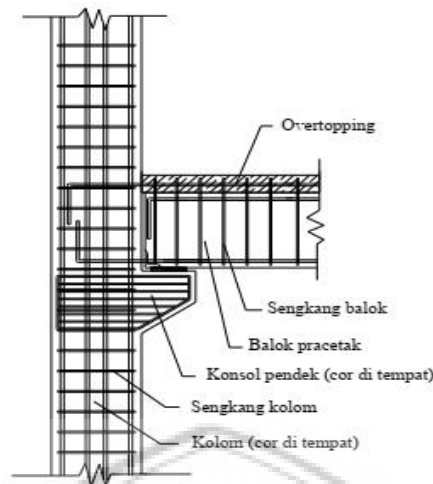
Tabel 2.12. Perbedaan Metode Penyambungan

Deskripsi	Sambungan dengan cor ditempat	Sambungan dengan las/baut
Kebutuhan Struktur	Monolit	Tidak Monolit
Jenis Sambungan	Basah	Kering
Toleransi Dimensi	Lebih Tinggi	Tergolong rendah karena dibutuhkan akurasi yang tinggi
Kebutuhan waktu agar berfungsi secara efektif	Perlu Setting time	Segera dapat berfungsi
Ketinggian bangunan	-	Maksimal 25 meter

(Ervianto, 2006)

2.5.1. Sambungan Cor di tempat

Sambungan cor di tempat menggunakan tulangan biasa sebagai penghubung beton pracetak. Beton pracetak yang telah di tempatkan pada titik sambung kemudia di cor pada bagian ujung dengan meneruskan tulangan penyaluran sebagai pengaku agar menjadi kesatuan yang monolit sehingga kekauan stuktur pada kondisi ini dapat diterapkan dan juga sudah sering digunakan pada saat konstruksi jembatan karena tergolong mudah pengaplikasiannya.



Gambar 2. 7 Sambungan dengan cor setempat
(Sumber: Kalingga, 2015)

2.6. Perencanaan Dinding Geser

Dinding geser (*shearwall*) merupakan komponen dari suatu sistem struktur yang difungsikan menahan beban-beban gravitasi maupun beban lateral yang bekerja pada struktur. Dinding geser memiliki kekakuan yang lebih besar dibanding dengan kekakuan struktur rangka pemikul momen terbuka (*open frame*), sehingga pada saat menahan gaya gempa, dinding geser akan menunjukkan kinerja yang lebih baik (Setiawan, A., 2016). Dengan demikian dinding geser harus direncanakan sesuai SNI 03-2847 2013, dimana tebal minimum (t_d) = 100 mm.

Adapun syarat tulangan dinding geser menurut SNI 2847:2013 rasio tulangan ditentukan sebagai berikut

1. Apabila, $V_u > 0,083 A_{cv} \lambda'$, rasio penulangan ρ dan t tidak boleh kurang dari 0,0025
2. Apabila $V_u < 0,083 A_{cv} \lambda'$, maka dapat digunakan rasio ruangan minimum seperti pada dinding struktural biasa (SNI 2847:2013 pasal 14.3),
 - a) Rasio tulangan vertikal terhadap luas bruto penampang beton, ρ_v , harus diambil :
 - 0,0012 untuk tulangan ulir dengan diameter tidak $> D16$ dan f_y tidak < 420 MPa
 - 0,0015 untuk tulangan ulir lainnya, atau
 - 0,0020 untuk jaring kawat baja las yang diameter tidak lebih dari 16

Rasio minimum tulangan horizontal terhadap luas bruto penampang beton,

- b) Rasio tulangan minimum horizontal terhadap luas bruto penampang beton, harus diambil : 0,0020 untuk tulangan ulir dengan diameter tidak $> D16$ dan f_y tidak < 420 MPa
- 0,0025 untuk tulangan ulir lainnya, atau
 - 0,0020 untuk jaring kawat baja las yang diameter tidak lebih dari 16
3. Jarak tulangan untuk masing-masing dinding struktural tidak boleh diambil melebihi 450 mm
4. $A_{cv} \lambda'$ Kuat geser dinding struktural (*SNI 2847:2013 pasal 21.9.4*), kuat geser suatu dinding struktural dikatakan mencukupi apabila dipenuhi kondisi berikut :

$$V_u \leq \phi V_n$$

Kuat geser nominal dinding struktural ditentukan dalam *SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.1*, yang menyatakan : $V_n = A_{cv} (\alpha_c \lambda' + t f_y)$